ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 1

1.1. OBJETIVOS 2

2. CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE AERONAVES 3

2.1. PRINCIPIOS AERODINÁMICOS 3

2.1.1. Sustentación. 3

2.1.2. Peso. 6

2.1.3. Tracción o empuje. 6

2.1.4. Resistencia. 6

2.2. SUPERFICIES AERODINÁMICAS. 7

2.2.1. SUPERFICIES DE MANDO Y DE CONTROL 8

2.2.1.1. Ejes del avión. 8

2.2.1.2. Superficies primarias. 9

2.2.1.3. Superficies secundarias. 11

2.3. ECUACIONES DINÁMICAS 13

3. DESCRIPCIÓN DEL MODELO DISEÑADO Y DESARROLLADO 15

3.1. LIBRERÍA AEROSIM 15

3.1.1. AERODINÁMICA. 18

3.1.2. GA PROPULSION SYSTEM. 20

3.1.3. AIRCRAFT INERTIAL. 20

3.1.4. ATMÓSFERA. 21

3.1.5. TOTAL ACCELERATION. 22

3.1.6. TOTAL MOMENT. 22

3.1.7. ECUACIONES DEL MOVIMIENTO. 23

3.1.8. EARTH. 24

3.2. DESCRIPCIÓN DE LA HERRAMIENTA UTILIZADA PARA MONITORIZACIÓN Y GENERACIÓN DE TRAYECTORIA (GUIDE). 26

3.3. IMPLEMENTACIÓN EN MATLAB/SIMULINK 29

3.3.1. BLOQUES AEROSIM. 31

3.3.2. APROXIMACIÓN DE TIERRA PLANA. 34

3.3.3. PILOTOAUTOMATICO.M 34
3.3.4. CONTROLES PI Y PID. 41
3.3.5. OTRAS FUNCIONES DE MATLAB. 45
4. VALIDACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN. 52
5. CONCLUSIONES 65
6. LÍNEAS FUTURAS. 67
APÉNDICES 68
A. MANUAL DE USUARIO 68
BIBLIOGRAFÍA 79

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fuerzas que actúan sobre el vuelo. 3
Figura 2. Sustentación. 3
Figura 3. Efecto del viento relativo en el ala. 4
Figura 4. Trayectoria de vuelo y viento relativo. 5
Figura 5. Ángulo de incidencia. 5
Figura 6. Ángulo de ataque y viento relativo. 5
Figura 7. Fuerza de empuje. 6
Figura 8. Fuerza de resistencia. 6
Figura 9. Estructura aeronave. 7
Figura 10. Representación de los ejes del avión. 8
Figura 11. Movimiento alerones. 9
Figura 12. Efecto en la aeronave con el movimiento de los alerones. 9
Figura 13. Movimiento del timón de profundidad. 10
Figura 14. Efecto del movimiento del timón de profundidad en el avión. 10
Figura 15. Movimiento del timón de dirección. 10
Figura 16. Efecto en el avión con el movimiento del timón de dirección. 11
Figura 17. Superficies secundarias. 11
Figura 18. Movimiento flaps. 11
Figura 19. Funcionamiento slats. 12
Figura 20. Funcionamiento spoilers. 12
Figura 21. Bloque de jerarquía superior de AeroSim. 16
Figura 22. Bloques que componen "Modelo simple de una aeronave. 17
Figura 23. Bloque Aerodinámica. 18
Figura 24. Bloques básicos que componen el bloque Aerodinámica. 19
Figura 25. Bloque básico GA Propulsion System. 20
Figura 26. Bloque básico Aiercraft Inertial. 20
Figura 27. Bloque Atmósfera. 21
Figura 28. Componentes básicos del bloque Atmósfera. 21
Figura 29. Bloque básico Total Acceleration. 22
Figura 30. Bloque básico Total Moment. 22
Figura 31. Bloque de Ecuaciones del movimiento. 23

Figura 32. Bloques básicos que componen el bloque Ecuaciones de movimiento. 23
Figura 33. Bloque Earth. 24
Figura 34. Bloques básicos que componen el bloque Earth. 25
Figura 35. Mensaje GUIDE de error. 28
Figura 36. Mensaje GUIDE para preguntar. 28
Figura 37. Mensaje GUIDE de aviso. 28
Figura 38. Autopiloto.mdl 30
Figura 39. Bloques AeroSim. 31
Figura 40. Conversor de grados a radianes. 32
Figura 41. Componentes de Bloques AeroSim 33
Figura 42. Diagrama del bloque de Aproximación de Tierra Plana. 34
Figura 43. Gráfica en dos dimensiones de la trayectoria. 36
Figura 44. Gráfica en 3D de la trayectoria de la aeronave 36
Figura 45. Representación gráfica de los ángulos de alabeo, cabeceo y guiñada. 37
Figura 46. Representación gráfica del ángulo de guiñada. 38
Figura 47. Gráfica de la velocidad de la aeronave. 39
Figura 48. Representación del ángulo de descenso. 40
Figura 49. Control PID. 42
Figura 50. Control PI del timón de dirección. 42
Figura 51. Control PID del timón de profundidad. 43
Figura 52. Control PI de alerones. 44
Figura 53. Control PID de parámetro del motor. 44
Figura 54. Interfaz gráfica 45
Figura 55. Crear ruta nueva. 46
Figura 56. Ventana introducción ruta. 47
Figura 57. Ventana cambio ruta. 47
Figura 58. Visualización de los cambios de la ruta. 48
Figura 59. Cambio de ruta. 49
Figura 60. Visualización de simulación por defecto 50
Figura 61. Visualización simulación con opciones. 51
Figura 62. Visualización simulación 3D 51
Figura 63. Representación ruta1. 52

Figura 64. Simulación ruta1 53
Figura 65. Punto de origen 53
Figura 66. Cambio de punto de origen de la aeronave. 54
Figura 67. Subrutina6b. 55
Figura 68. Simulación ruta1 con cambio a subrutina6b. 55
Figura 69. Visualización simulación figura 66. 56
Figura 70. Gráfica en 3D de la simulacion2. 57
Figura 71. Gráfica en 2D de la simulacion2. 57
Figura 72. Simulación fallida. 58
Figura 73. Simulación con velocidad por defecto. 59
Figura 74. Simulación con cambio de velocidad. 59
Figura 75. Simulacion5. 60
Figura 76. Simulacion6. 60
Figura 77. Simulación de doble giro. 61
Figura 78. Ascenso y descenso con doble giro. 62
Figura 79. Ruta10. 63
Figura 80. Simulación de ruta10. 63
Figura 81. Simulación en dos dimensiones de la ruta10. 64
Imagen 1 68
Imagen 2 69
Imagen 3 70
Imagen 4 70
Imagen 5 70
Imagen 6 71
Imagen 7 71
Imagen 8 72
Imagen 9 72
Imagen 10 73
Imagen 11 74
Imagen 12 74
Imagen 13 75
Imagen 14 75
Imagen 15 75
Imagen 16 76

Imagen 17 77
Imagen 18 77
Imagen 19 78